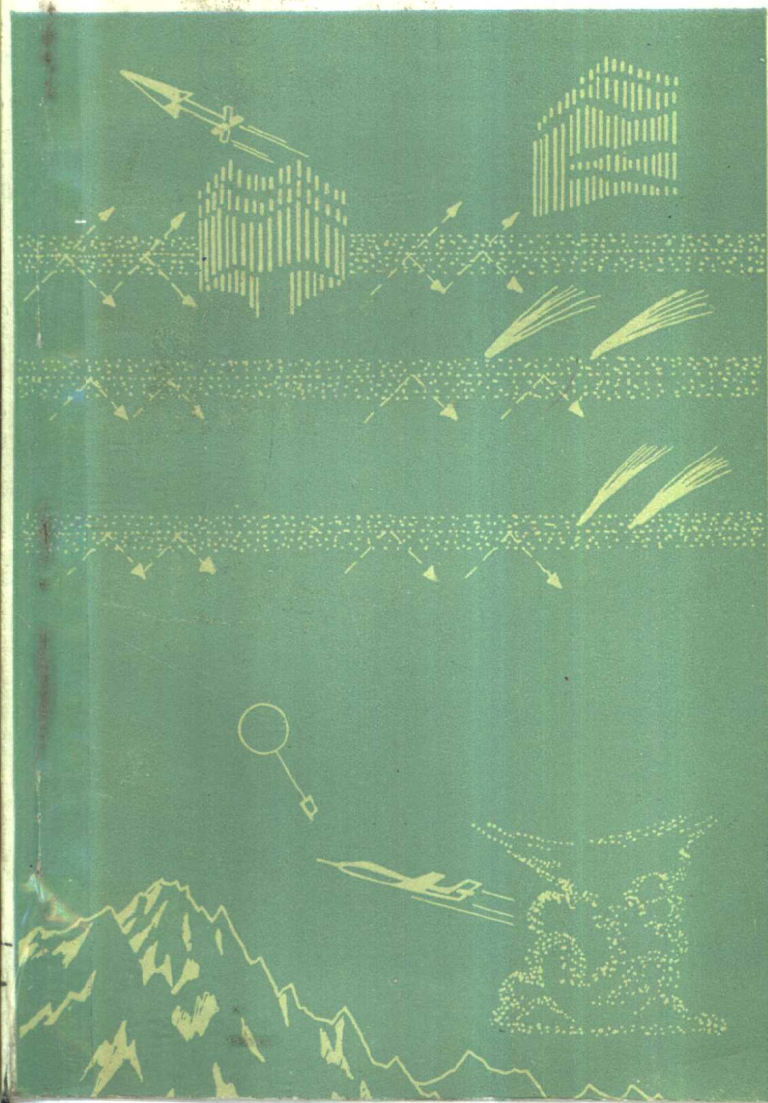


气象知识丛书



大气

气象出版社



大 气

阮 忠 家 李 再 琨

气 象 出 版 社

内 容 简 介

人类生存所需要的大气，虽然看不见、摸不着、嗅不到，却有着无穷的奥秘等待人们去探索。那末，大气的演变与生命的关系，大气的成分，大气中的气象要素，大气在垂直与水平方向的变化与分布，以及如何保护大气环境等问题，一定是人们十分关心的。本书用最新的材料和形象的插图，通俗易懂地回答了上述问题。

大 气

阮忠家 李再琨

* * *

气 象 出 版 社 出 版

(北京西郊白石桥路46号)

北京印刷一厂印刷 新华书店北京发行所发行

* * *

开本：787×1092 1/32 印张：3.75 字数：86 千字

1984年4月第一版 1984年4月第一次印刷

印数：1—10,000 统一书号：13194·0173

定价：0.35 元

出 版 前 言

在浩瀚的大气的海洋里，有着无穷的奥秘，需要人们去认识和探索；蕴藏着丰富的资源，可供我们去开发和利用。

为了帮助广大青年、中小学教师、气象爱好者以及各行各业的科技工作者，更好地认识大气的现象，了解天气变化的性质和规律，我们和中国气象学会决定共同组织出版一套《气象知识丛书》，通俗地、系统地介绍大气、气候、天气和应用气象等方面的基本理论和基础知识。本丛书共十八册，每册约五万字，分别介绍某一方面内容；同时各册又相互配套，形成一个比较完整的系列。本丛书力求材料新颖、内容丰富，反映出八十年代气象科学的新水平。

本丛书计划于一九八五年底以前陆续出齐。我们把她奉献出来，希望能对迫切需要气象知识的广大读者，有所满足，有所裨益。

气象出版社

序 言

人类生活于大气之中，为了自身的生存和发展，一直在和大自然作种种斗争。自古以来，观测和研究大气现象，趋利避害，发展生产，一直是人类的一项重要工作。

十七世纪以前，人们依靠肉眼观察，对天气和气候现象积累了丰富的经验，但那时基本上还是处在定性的认识阶段。

自从温度表、气压表、风向风速仪以及毛发湿度表等测量仪器出现之后，气象的观测和研究开始进入了定量的阶段。近三、四十年来，随着科学技术的迅速发展，尤其是人造卫星和电子计算机引入气象学领域，使这门学科出现了飞跃。

气象科学的应用性很强。随着科学技术的发展，人们对大气现象的认识越来越深刻，对它的利用也越来越广泛，目前几乎已深入到国民经济的各行各业。

现代化农业的发展，除有关农业技术等学科外，离不开长、中、短期天气预报；现代化的农业区划也离不开对气候的研究。

大型工业等产生着大量对人类有害的气体 and 微粒。如何把这些气体排放在无害或危害最小的地方，就得有效地利用气象条件。许多工业、建筑、交通都需要利用气象参数进行设计，例如工厂车间的采暖通风，建筑物的风雪荷载，以及水库、大坝、铁路、公路、桥梁的建筑规模等等。

各种军事活动通常要有一定的气象条件作保障。航海、航空与气象条件的关系更为密切。

综上所述，气象科学对生产、生活十分重要，可以预料，随着我国四化建设的发展，各行各业将对气象科学提出越来越高的

要求。

气象出版社和中国气象学会共同组织编辑出版的《气象知识丛书》，系统地介绍了气象科学各分支的基本理论和基础知识，有助于满足广大读者在四化建设中对气象知识的需求。

当然，这套丛书不可能涉及到气象学的所有分支，还只能着重介绍对我国当前四化建设急需的气象知识。我相信，这套丛书的出版，对具有初中以上文化程度的青年、业余气象爱好者、中小学教师、农村和工厂的干部和技术人员将会有所帮助。我希望，今后能继续出版更多的气象科普书籍，为广大读者，特别是为青年们，提供更为丰富的精神食粮。

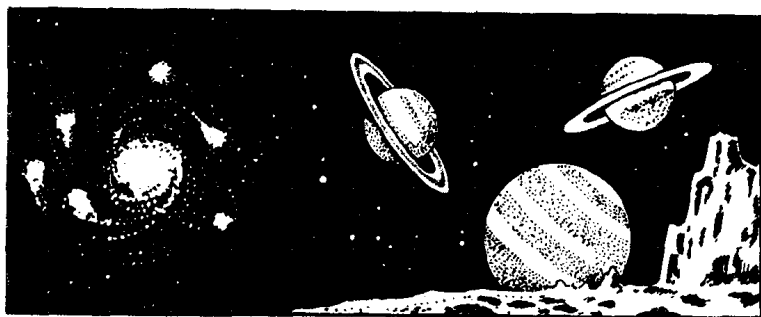
叶笃正

一九八三年五月七日

目 录

序言

- 一、大气与生命 (1)
 - 地球大气的肇始(1) 原始大气的组成和演化(4) 大气中的氧的演变(7) 行星大气与生命(10)
- 二、我们生活的大气环境 (17)
 - 现代大气的组成(18) 臭氧——防御紫外线的天然屏障(19) 水汽——天气舞台上的主角(24) 悬浮颗粒——水汽凝结的核心(28) 二氧化碳——自然温室的“燃料”(31)
- 三、大气的基本要素 (37)
 - 大气温度(37) 大气压力(41) 大气湿度(45) 风(49)
- 四、大气的垂直结构 (60)
 - 大气的温度分层(61) 大气的电离分层(66) 陌生的磁层(71) 被忽略了忽略层(74)
- 五、大气中的热量 (77)
 - 热量的来源——太阳辐射(77) 地面辐射(82) 气温的变化(86) 陆地和海洋对气温的调节(90) 全球气温分布(94)
- 六、大气在污染 (98)
 - 几个典型实例(99) 空气中有害成分种种(102) 大气污染的气候效应(106) 保护大气环境刻不容缓(110)



一 大 气 与 生 命

地球，我的母亲！万物由此孕育，人类在此栖息。

地球是太阳系中一颗蔚蓝色的行星。她有着适合于生命生存繁衍的最理想的条件：和煦的阳光，充裕的水分，清新的大气，肥沃的土地。正是具备了这些条件，才使得太阳的这个宠儿，无限宇宙中的葱翠绿洲变得生机勃勃，气象万千。

但是，地球并非诞生下来就如此美好，而是经过了46亿年的沧桑巨变，才演化成今天这个样子的。

地球大气的肇始

地球的起源 作为太阳系中的一员，地球的起源和整个太阳系的命运是紧紧地联系在一起的。太阳系，最早是银河系中一团星际气体和尘埃物质组成的星云，并围绕着银河系的中心旋转（见图1）。大约在46亿年前，这团星云沿银河系的一个曲臂开始

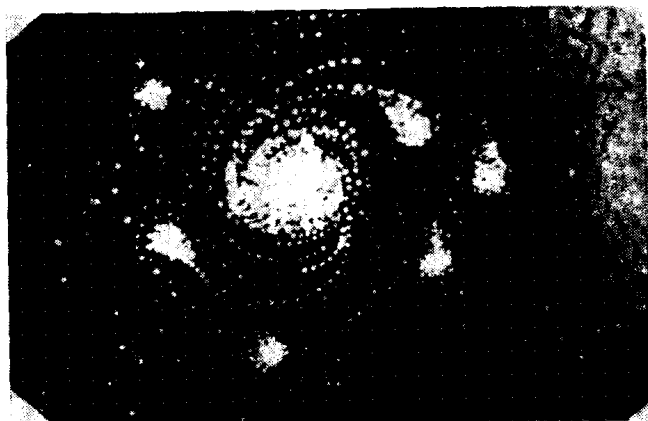


图 1 太阳系起源的星云学说示意

收缩。由于旋臂的缩短，旋转必然加速，就好象在作旋转动作的花样溜冰运动员收拢双臂后转得更快那样。于是整团星云开始坍缩，逐渐坍缩成一个扁平的圆盘。经过一个阶段，圆盘内的物质逐渐聚集到圆盘中央，并在万有引力的作用下，把附近的尘埃颗粒和气体原子也吸引至中心，圆盘中心的质量愈来愈大，温度愈来愈高，从而发生了核反应，于是，圆盘中心质量就变成了一颗恒星——我们的太阳。

在圆盘中心质量演变为太阳的过程中，离中心质量较远的尘埃颗粒和气体原子，虽然未被吸至中心，但是在引力的作用下，势必绕着圆盘中心质量运转。有些尘埃颗粒和气体原子在运动中，与固体微粒凝聚在一起，形成了团块。这些团块愈来愈大。少数较大的几个团块变成了九大行星，地球就是其中的一个(见图2)；一些较小的团块，或者变成了小行星，或者被行星捕获而成为行星轨道上的卫星。地球刚从太阳星云盘中分化出来并凝聚成均质球体时，它就集结并吸附了宇宙中的主要成分，如氢、氦和星际尘埃物质等。

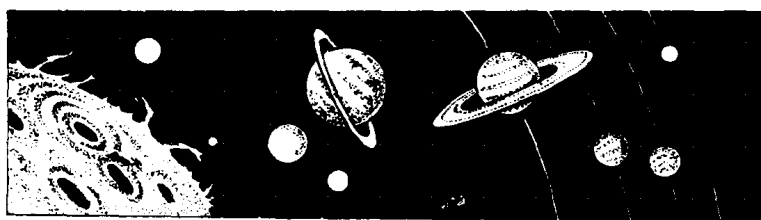


图 2 太阳系的九大行星

当时，地球这个年幼行星的表面，受到太空飞来陨石之类物质的袭击，全身“伤痕累累”。这些物质在与地球碰撞结合时，把动能转化为热量。另外，正在成长中的地球，因为重力收缩，有相当大的能量以热的形式释放出来。而在地球内部，放射性元素铀和钍的衰变，也放出了大量的热。这样，地球内部的温度便开始升高了。

随着地球内部温度的升高，各种物质的可塑性越来越大，大到一定限度，便开始熔融，从而产生了重力分选。重物质（铁和镍等）逐渐向地心沉降，轻物质则漂浮上来。最重的物质，汇集地球深处，构成地核；较轻的物质，形成熔融的地幔；地幔中最轻的物质上升到地表，形成凝固的岩石圈——地壳。

地球大气的肇始 与地球一起诞生的原始大气，大约只历时了几千万年就被太阳风¹⁾扫除了。

不久，地球内部的挥发性物质，向地表大量泄漏出来。这就是地质学家所说的脱气过程。这些挥发性物质，主要是二氧化碳、甲烷、水汽、一氧化碳、氨、氮、硫化氢等气体。这些气体组成了次生大气。除了最轻的气体外，地球的重力足以把这些气体“拴住”，使它们不致逃逸到星际空间去。

1) 太阳因高温膨胀而向外抛出的粒子流。原始太阳风远比现在的厉害。

大约又过了十多亿年之后，地表开始冷却，稠密大气中的水汽凝结成雨降落下来，向坑坑洼洼的地方汇聚，形成最早的江河湖泊，即原始水圈。以后火山不断地爆发，排出的大量水汽又变成雨水回归地面。经过漫长年代的变迁，原始水圈逐渐扩展为现在的汪洋大海和湖河沼泽。次生大气中的二氧化碳和其它气体，逐渐被雨水融解降落到地面，再渗入地下，储存于地壳之中。

原始大气的组成和演化

从多氢的大气到大气的消失 上面说过，原始大气是在地球形成的过程中，由于重力场的作用，把原始太阳星云中的一部分气体吸引到地球周围造成的。这个大气圈的组成，与现代大气圈的组成大不相同，它没有氧，没有氮，也没有二氧化碳，而是由氢、氦、氖、氫、氩、甲烷、水汽等共同组成的（见表1）。

原始大气的量很大，单是氢一项，就相当于现在构成固态地球的四个基本要素，即镁、硅、铁和氧的总量的400倍之多。然而，有趣的是，原始大气在地球形成后，不久就消失殆尽了。这是因为那时地球内部的铁核心尚未形成，地球还没有磁场，强劲

表 1 原始大气的组成

气 体	重 量 百 分 比
氢	63.5
氦	34.9
氖	0.34
氫	0.26
氩	0.15
甲烷	0.11
水汽	0.6

的太阳风把没有地球磁场保护的原始大气“吹”跑了。因此，在地球历史的早期，一度没有大气。

次生大气的演化 以后，在漫长的岁月里，大气经过复杂的生消过程，又进一步演化。演化中的造气过程包括：1. 火山活动(见图3)，以及通过造岩物质融化后的结晶和凝固时释出的气体；2. 水汽的光致离解产生氧；3. 光合作用产生氧；4. 放射性元素铀和钍的衰变产生氦；5. 放射性元素钾的衰变产生氩；6. 在太阳风中，主要由质子和电子组成的高温电离气体，有极小一部分冲破地球磁场的屏障，进入次生大气的高层。演化中的除气过程包括：1. 高层大气的氢和氦挣脱地球引力逸入宇宙空间；2. 煤和石油的生成吸收二氧化碳；3. 碳酸盐类(CaCO_3 和 MgCO_3)生成时吸收二氧化碳；4. 氢、铁、硫等元素氧化时消耗氧；5. 通过空气中氧化物的形成，以及在土壤中变成硝化细菌而消耗氮。



图3 圣海伦斯火山爆发壮观

在地球46亿年的历史中,绝大部分时间火山活动都在起作用,而且是大气中水、二氧化碳和氮的主要发源地。

氧进入大气演化的舞台 原始大气消失后,通过上述种种过程,演化成次生大气。次生大气的形成,又为水的分解和动植物的产生创造了条件。

原始绿色植物参与了改造大气的复杂过程。植物在光合作用中放出游离氧。氧,化学性质活泼,对次生大气中的所有其它分子,都能发生缓慢的氧化作用。如它与CO作用形成CO₂,与甲烷作用形成H₂O和CO₂,与氮作用形成H₂O和N₂。于是,CO₂渐渐在大气中占了优势。随着光合作用的持续进行,氧从CO₂中逐渐分解出来。另一方面,光合作用又使有生命的细菌和藻类,利用太阳辐射能,从周围环境中摄取有机物,进行简单的新陈代谢作用,吸收大气中的CO₂,创造出许多有机物,并释放出更多的氧气。这样一来,大气中的氧就愈来愈多了。

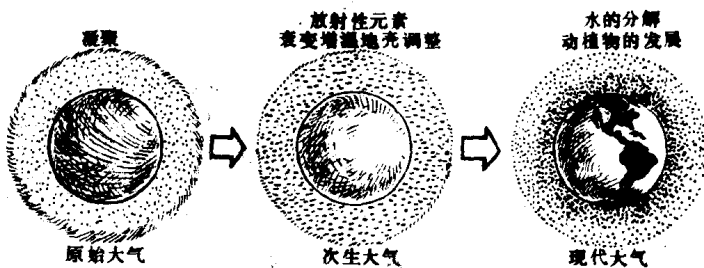


图 4 地球大气的演化

此外,当动植物繁茂以后,它们的排泄物和腐烂遗体中的蛋白质,一部分直接分解为氮,另一些则成为氨和铵盐,通过硝化细菌和脱氧细菌等的作用,变成了气体氮。氮在常温下的化学性质很不活泼,不易与其它元素化合,所以能在大气中积累,成为

含量最丰富的成分。这样，次生大气在生命的演变发展过程中，最终造就了以氮、氧为主的现代大气。

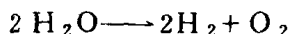
大气中的氧的演变

缺氧是生命起源的条件 原始地球大气中没有氧，已为许多科学家所公认。也许你会认为，在没有氧的大气中，恐怕不会存在生命吧？生物要呼吸，没有氧怎么行呢？事实恰恰相反。正是缺氧的还原性大气，使地球上通过非生物方式产生的有机分子，演化成为单细胞生物，从无生命的有机物进化到生命！

道理很简单。要是原始大气中存在着氧气，它就会被太阳紫外线分解成原子氧，从而与氧分子结合成臭氧（ O_3 ）。臭氧会吸收太阳紫外线，这样太阳紫外线就到达不了地球表面。可是，水、二氧化碳和氨，只有在太阳紫外线的作用下才能发生光化反应，合成作为生命前兆的有机化合物。由于次生大气时期，地球上已经有了海洋，水主要存在于海洋之中，海水溶解了一部分二氧化碳和氨，所以正是在大气中缺氧的情况下，作为生命前兆的有机化合物才开始在海洋中积累起来。

游离氧的产生及其作用 从缺氧的原始大气到产生游离氧，经历的主要过程有两个：即高层大气中水汽的离解和地面上绿色植物的光合作用。

在地球上出现生物之前，水的光致离解作用是游离氧的唯一来源。其反应式为



太阳的紫外线辐射就象催化剂那样，能促使高层大气中的水汽离解为氢和氧。以这种方式产生的氢，由于它重量轻，加上温度高，分子运动快，因而大都逃逸到外层空间。产生的氧在紫外线的继续照射下，大部分以奇氧（原子氧和臭氧）的形式留在高层大气

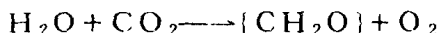
中，只有小部分未被离解的氧沉降至地面。

次生大气中的氨，对紫外辐射有强烈的吸收作用。所以，它在地球形成后的早期，能抑制和减缓水汽的离解。但是，随着次生大气中游离氧丰度的增加，从现代大气中氧丰度的 0.001 增至 0.1 时，游离氧开始对大气的组成起着重要的影响。这是因为，大气中氧的这个丰度，足以使甲烷和氨氧化为二氧化碳和氮。就这样，高层大气中水汽缓慢离解，逐渐通过氧化作用，改变了整个大气的组成。大气中的氨减少了，光致离解氧的速率就加快了，这为 30 亿年前地球上第一批需氧原始微生物生命的维持创造了条件。

三十多亿年前生命起源于海洋的事实怎样解释呢？这如同环境的变化会影响生物那样，生物的活动亦能影响环境而创造出新的环境条件。虽说早期的生物不能在有氧的情况下生存，而大多数现代生物却会因为缺氧而窒息死亡，但是，我们现在的富氧大气圈却还要归功于生命呢！正是生命使自由氧得以维持，而这种自由氧又反过来使生命能够延续下去。

生命又创造了氧气 地球上出现了需氧原始微生物后，这些原始细胞反过来又利用日光把 CO_2 和水合成为碳氢化合物，并把氧释入大气之中。这是距今 5 亿年的前寒武纪生物进化过程中的一个重要阶段，即产氧光合作用生物化学阶段。在这一阶段，地球大气开始进入一个新时代——生物适应时代。

光合作用是迄今大气中氧的主要来源。它的化学过程很复杂：含有叶绿素的细胞单体，在可见光的照射下，在微量紫外线的催化下，把 CO_2 和水转化成碳水化合物和氧，其反应式为



随着光合作用细胞的进化，大气中游离氧不断积累。在很长一段

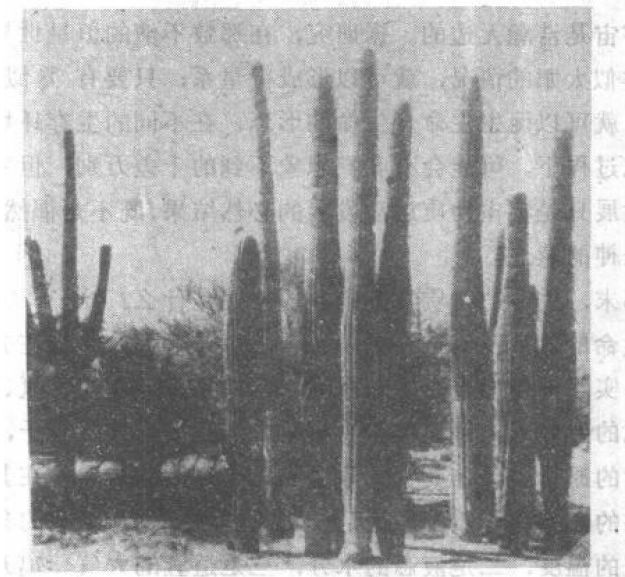


图 5 含有叶绿素的细胞单体，在日光作用下
把 CO_2 和水转化为碳水化合物，并释出游离氧

时间内，光合作用的氧生成率，超过了植物呼吸时的氧消耗率。大约在 6 亿年以前，大气中的氧曾达到现在的 1% 的水平。2 亿年后，绿色植物大量繁殖，大气中的氧急剧增长，竟比现在的氧多出 10 倍。又过了 1 亿年，即 3 亿年前，由于植物腐烂消耗掉大量的氧，使大气中的游离氧猛跌到目前的 10%。此后植物又有所发展，光合作用生成的氧再度增加。约在 2 亿年前，游离氧才大致达到目前的水平。1 亿年后，大气中氧的含量又稍有下降。约到 6500 万年前，氧的浓度基本上达到生产和消耗之间的动态平衡，并且一直稳定地维持到今天。

行星大气与生命

宇宙是浩瀚无边的。据研究，在那数不清的恒星世界里，只要有类似太阳的情况，就可以形成行星系；只要有类似地球的情况，就可以诞生生命。生命的形态，在不同的生存环境和不同的演化过程下，可能会有我们想象不到的千差万别，但生命的诞生和发展只是宇宙物质运动发展的必然结果，既不是偶然的巧合，更不是神的意志。

那末，生命的本质及其存在的条件是什么？

生命的本质及其存在的条件 生命是蛋白体的存在方式。蛋白体，实际上包括蛋白质和核酸，它们是由碳、氢、氧、氮等元素构成的大分子。每一个蛋白质分子和每一个核酸分子，都包含着大量的原子。碳和其它元素组成高度复杂的结构，在其周围特定条件的影响和作用下，最后转化为生命。这些特定的条件：一是适当的温度，二是液态的水分，三是适宜的大气。离开这些条件，生命就不会存在和发展。

前面已经说过，大气对地球演化休戚相关。例如，地球上的水圈，就是地球内部在高温条件下，分化出来的气体（大部分是水汽）致冷，凝结，变雨汇集而成的。因此，如果没有大气，地球上就不会有水，没有大气和水，也就不可能有生命。

那末，太阳系中除地球以外，还有没有别的星体上存在着生命呢？为了回答这个有趣的问题，就要从这些星球上的大气来判断。

美丽的月亮，荒芜的世界 月球是地球唯一的卫星，最近的邻居。月球距地球的平均距离为384,401公里。直径3,476公里，质量为地球的八十一分之一，重力为地球的六分之一。月球上有广阔的平原，有数以万计的、大小不等的环形山，那儿没有空气，